

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A06P0010



PERTE DE PUISSANCE MOTEUR ET ATERRISSAGE FORCÉ

**DU CESSNA 208B (CARAVAN) C-GRXZ
EXPLOITÉ PAR SONICBLUE AIRWAYS
À 11 NM AU SUD-SUD-EST DE PORT ALBERNI
(COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 21 JANVIER 2006**



Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête aéronautique

Perte de puissance moteur et atterrissage forcé

du Cessna 208B (Caravan) C-GRXZ
exploité par Sonicblue Airways
à 11 nm au sud-sud-est de Port Alberni
(Colombie-Britannique)
le 21 janvier 2006

Rapport numéro A06P0010

Résumé

L'avion Cessna 208B immatriculé C-GRXZ, numéro de série 208B0469, est en route à 9000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), entre Tofino (Colombie-Britannique) et l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique) lorsque le moteur tombe en panne. Le pilote amorce une descente en plané en direction de l'aéroport régional de Port Alberni, puis tente un atterrissage d'urgence sur un chemin d'exploitation forestière. Lors d'un virage serré à droite, l'avion percute des arbres et s'écrase. L'accident se produit vers 14 h 20, heure normale du Pacifique, à environ 11 nm au sud-sud-est de l'aéroport régional de Port Alberni. Cinq des passagers sont grièvement blessés; le pilote et les deux autres passagers subissent des blessures mortelles.

This report is also available in English.

1.0	Renseignements de base.....	1
1.1	Déroulement du vol.....	1
1.2	Examen du moteur.....	1
1.3	Examen métallurgique.....	2
1.4	Antécédents du moteur.....	2
1.5	Surveillance de l'état et des tendances du moteur.....	2
1.6	Monomoteur commercial exploité selon les règles de vol aux instruments.....	3
1.7	Fiabilité du moteur.....	3
1.8	Régions montagneuses.....	4
1.9	Équipement de navigation.....	4
1.10	Systèmes avertisseurs de proximité du sol.....	5
1.11	Performance de l'avion en vol plané.....	5
1.12	Sélection d'itinéraire et d'altitude.....	6
1.13	Conditions météorologiques.....	6
1.14	Renseignements sur le pilote.....	6
1.15	Procédures d'atterrissage forcé.....	7
1.16	Possibilité de survie.....	7
2.0	Analyse.....	9
2.1	Panne moteur.....	9
2.2	Réaction du pilote à la panne moteur.....	9
2.3	Calcul de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF).....	10
2.4	Équipement.....	10
2.5	Routes et altitudes.....	10
2.6	Formation.....	11
3.0	Conclusions.....	13
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	13
3.2	Faits établis quant aux risques.....	13
3.3	Autre fait établi.....	14
4.0	Mesures de sécurité.....	15
4.1	Mesures prises.....	15
4.1.1	Exigence relative à l'équipement TAWS.....	15
4.1.2	Exigence relative à une formation améliorée des pilotes.....	15
4.2	Mesures à prendre.....	16
4.2.1	Fiabilité du système de propulsion.....	16
Annexes		
	Annexe A - Données de Pratt & Whitney Canada sur les arrêts moteur en vol (IFSD) - moyenne mobile sur 6 mois.....	19
	Annexe B - Sigles et abréviations.....	20

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

Le pilote a décollé de Tofino (Colombie-Britannique) à 13 h 53, heure normale du Pacifique (HNP)¹, en vertu d'un plan de vol aux instruments (IFR). L'avion survolait une région montagneuse désignée, dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC)², au-dessus de couches de nuages fragmentés. À la suite de la panne moteur, le pilote a amorcé un virage à droite, a déclaré une situation d'urgence au Centre de contrôle régional de Vancouver (Colombie-Britannique) et a demandé la distance et le relèvement de l'aéroport le plus proche. À ce moment, le taux de virage a augmenté, et l'avion est sorti du virage sur un cap direct vers l'aéroport régional de Port Alberni (Colombie-Britannique), situé à environ 17 milles marins (nm) au nord-ouest. Le pilote volait alors en VMC, mais il devait traverser les nuages pendant la descente. Il a donc demandé des renseignements de navigation pour l'aider à se tenir à l'écart des montagnes.

La communication avec l'avion a été interrompue alors qu'il franchissait en descente 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). Les données radar montrent qu'à environ 6000 pieds asl, le pilote a amorcé un virage serré à gauche sur 360° au cours duquel le taux de descente a augmenté à environ 2500 pieds par minute. L'avion est sorti du virage à 4500 pieds asl sur un cap menant à l'aéroport régional de Port Alberni. Des aéronefs dans la région ont entendu le pilote envoyer un message Mayday indiquant qu'il tentait un atterrissage forcé sur un chemin d'exploitation forestière. Lors d'un virage serré à droite, l'avion a percuté des arbres et s'est écrasé. Du carburant s'est répandu dans la cabine après l'écrasement, mais il n'y a pas eu d'incendie.

1.2 Examen du moteur

Le moteur de l'avion accidenté (un PT6A-114A, numéro de série PCE19352) a été retiré de l'épave et transporté dans un atelier de démontage approuvé. On a déterminé que les 58 aubes mobiles de la turbine du compresseur avaient été sectionnées. Les ruptures sont survenues à différentes hauteurs par rapport à l'extrémité des aubes. Une aube mobile était rompue près de son emplanture, et la topographie de la surface de rupture montrait des signes de criques de fatigue. Le compresseur s'est grippé à la suite de dommages à un roulement après la rupture des aubes mobiles de la turbine du compresseur.

¹ Les heures sont exprimées en HNP (temps universel coordonné moins huit heures).

² Voir l'Annexe B pour la signification des sigles et abréviations.

1.3 Examen métallurgique

L'examen des pièces pertinentes du moteur effectué au Laboratoire technique du BST révèle ce qui suit :

- Une aube mobile de la turbine du compresseur s'est rompue en raison de la propagation par surcharge d'une crique de fatigue. La fissure a pris naissance au niveau d'un défaut métallurgique dans le matériau d'origine de l'aube.
- La crique de fatigue s'est propagée de son point d'origine, près du bord de fuite, vers le bord d'attaque dans un mode mégacyclique, entraînant la rupture de l'aube mobile par surcharge lorsque la partie restante n'a plus été en mesure de résister aux contraintes.
- Les autres aubes mobiles de la turbine du compresseur, ainsi que les aubes de la turbine de puissance, se sont rompues à la suite des dommages par impact causés par les débris de la première aube mobile.
- Le roulement numéro deux s'est rompu à la suite du déséquilibre résultant de la rupture des aubes mobiles de la turbine du compresseur.

1.4 Antécédents du moteur

Le moteur a été fabriqué en 1995 par Pratt & Whitney Canada (P&WC), et son intervalle de révision initial était de 3600 heures.

Le moteur a été révisé deux fois après sa mise en service. La première révision a eu lieu aux États-Unis à 3528 heures de fonctionnement. Une inspection de la partie chaude a été effectuée le 22 octobre 2003, à 7677 heures de fonctionnement, et les 58 aubes mobiles de la turbine du compresseur ont été remplacées par des aubes neuves. Une prolongation de l'intervalle de révision à 6000 heures a été demandée à ce moment-là et a été accordée conformément au bulletin de service 1703 de P&WC.

La deuxième révision du moteur (la plus récente) a eu lieu le 7 novembre 2005, à 9528 heures de fonctionnement. Au cours de cette révision, les aubes mobiles de la turbine du compresseur qui avaient été remplacées en octobre 2003 ont été inspectées et remontées conformément aux procédures de révisions approuvées de P&WC. Au moment de l'accident, le moteur totalisait environ 140 heures de fonctionnement depuis la révision la plus récente. L'aube mobile rompue totalisait environ 1991 heures de fonctionnement depuis sa mise en service.

1.5 Surveillance de l'état et des tendances du moteur

L'installation d'un système d'enregistrement des paramètres moteur et le recours à un logiciel de surveillance de l'état et des tendances des moteurs (ECTM) sont des conditions du bulletin de service 1703 de P&WC et elles doivent être remplies avant qu'on puisse autoriser une prolongation de l'intervalle de révision. Les lignes directrices et les normes relatives à l'ECTM figurent dans le guide de l'utilisateur et le manuel de référence de l'ECTM de P&WC ainsi que

dans la lettre d'information en service (SIL) Gen-055. Ces normes indiquent que les paramètres moteur doivent être enregistrés chaque jour et traités par le logiciel ECTM au moins tous les trois jours. Cela permet d'assurer la qualité des paramètres enregistrés pendant le téléchargement et de vérifier que les instruments qui enregistrent ces paramètres demeurent fonctionnels. Sonicblue Airways fournissait des enregistrements de paramètres moteur pour traitement et analyse, mais seulement chaque semaine.

Un examen des données moteur enregistrées de l'avion accidenté, ainsi que des données précédemment archivées, a montré qu'il n'y avait eu aucun dépassement des paramètres moteur ni aucune modification dans les valeurs de tendance pendant la période écoulée depuis la révision la plus récente. Les données enregistrées pour la dernière partie du vol ayant mené à l'accident ont montré que le régime du compresseur (Ng) était nul (0 tr/min), ce qui correspond à un compresseur grippé, et que la vitesse de rotation de l'hélice était comprise entre 5 et 19 tr/min, ce qui correspond à une hélice en drapeau.

1.6 Monomoteur commercial exploité selon les règles de vol aux instruments

Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) permet aux exploitants aériens d'utiliser un aéronef monomoteur en IFR pourvu que leur certificat d'exploitation aérienne leur en donne l'autorisation et qu'ils respectent les Normes de service aérien commercial (NSAC) pertinentes. Le paragraphe 723.22 des NSAC limite les vols selon les règles de vol aux instruments applicables aux monomoteurs (SEIFR) à des types d'aéronef donnés, impose une moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) éprouvée pour les moteurs utilisés, établit certaines exigences additionnelles relatives à l'équipement de bord et exige une formation supplémentaire de la part des pilotes visés. Le pilote et l'avion accidenté répondaient aux normes du RAC relatives au vol SEIFR.

1.7 Fiabilité du moteur

Une autorisation SEIFR est fondée, en partie, sur la fiabilité accrue des moteurs à turbine par rapport à leurs homologues à piston. Un élément essentiel à l'approbation SEIFR est que le taux de défaillance du moteur visé doit demeurer faible. Le RAC exige que la MTBF démontrée du moteur soit inférieure à 0,01 pour 1000 heures de vol.

P&WC utilise les méthodes standard de l'industrie pour calculer la MTBF de ses moteurs. Un événement élémentaire est un arrêt moteur en vol (IFSD) causé par une défektivité directement liée au moteur ou à un de ses composants. Ces événements sont utilisés dans le calcul de la MTBF du moteur et comprennent les événements non confirmés pour lesquels une enquête est toujours en cours afin de déterminer quelle pièce individuelle a causé l'événement.

Un événement non élémentaire est un IFSD causé par une défaillance d'un composant mais qui n'est pas directement liée au moteur. Un tel événement n'est pas compris dans le calcul de la MTBF. Il peut être dû, par exemple, à une panne de pompe à carburant, une perte de pression d'huile, une ingestion d'oiseau, une panne d'hélice, une erreur de maintenance ou d'utilisation, comme une quantité de carburant inappropriée, un lavage de compresseur incorrect, les surrégimes, les surchauffes ou l'utilisation de paramètres moteurs incorrects.

Pour l'année 2005, le taux d'événement IFSD élémentaire pour le moteur PT6A-114 a été d'environ 0,0025 pour 1000 heures de vol. Par contre, pour la même période, le taux total d'IFSD pour l'année, toutes causes confondues, a été d'environ 0,01 pour 1000 heures de vol.

D'autres opérations de vol approuvées au Canada, comme les opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongée (ETOPS), sont aussi autorisées, en partie, du fait de la fiabilité accrue des moteurs à turbine modernes. Les opérations ETOPS sont régies par le document 6327 de Transports Canada intitulé *Critères de sécurité pour l'approbation des opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongée (ETOPS)*. L'annexe A de cette publication reconnaît que :

Aucun paramètre en soi, sans d'autres données ou renseignements, ne peut qualifier de façon adéquate la fiabilité. Il y a un certain nombre de variables, de statistiques de maintenance et d'exploitation ainsi que de renseignements généraux au sujet de l'expérience opérationnelle d'un groupe propulseur donné qui caractérisent la fiabilité d'un système de propulsion.

1.8 Régions montagneuses

Transports Canada a permis pour la première fois les opérations SEIFR au Canada en 1993. À cette époque, la norme interdisait ces opérations dans les régions montagneuses désignées. Depuis 1993, l'expérience a confirmé la prémisse sur laquelle étaient fondées les opérations SEIFR, soit que la fiabilité des moteurs à turbine modernes rendait peu probable une panne moteur. De plus, de récentes règles sur les opérations SEIFR publiées par la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et la Civil Aviation Safety Authority (CASA) de l'Australie ne contiennent aucune interdiction relative au vol en région montagneuse. Transports Canada a levé la restriction aux opérations SEIFR dans les régions montagneuses désignées en décembre 2000, en réponse à un rapport de l'industrie proposant des modifications à la réglementation et aux normes régissant les opérations SEIFR.

1.9 Équipement de navigation

En cas d'atterrissage d'urgence, le paragraphe 723.22 des NSAC exige qu'un aéronef utilisé dans des opérations SEIFR dispose d'un moyen électronique permettant de déterminer rapidement l'emplacement de l'aéroport le plus proche et de s'y rendre. Pour qu'un exploitant soit assuré qu'un tel équipement est en mesure de fonctionner avec précision, il ne doit pas seulement être en bon état de fonctionnement, mais les données qu'il utilise pour calculer l'emplacement exact

de l'« aérodrome propice le plus proche » doivent être précises. Cette exigence ne peut être satisfaite qu'en utilisant les bases de données en vigueur. L'avion accidenté était équipé d'un système de navigation GPS King KLN 89B homologué, mais le système contenait une base de données aéronautique périmée depuis plus de sept ans.

Un bouton du GPS King KLN 89B permet au pilote d'afficher la distance et le relèvement vers les aéroports les plus proches; sauf pour ce qui est de l'âge de la base de données, cet équipement est conforme aux exigences du paragraphe 723.22 des NSAC. Bien que la réglementation ne l'exige pas, il existe des GPS plus modernes offrant des affichages à défilement cartographique, des renseignements sur les obstacles, ainsi que la position des municipalités, des villes, des routes ou autres caractéristiques géographiques qui peuvent éventuellement être utilisées pour identifier des lieux d'atterrissage d'urgence s'il n'y a pas d'aéroports à distance de plané.

1.10 *Systèmes avertisseurs de proximité du sol*

Le système du contrôle de la circulation aérienne (ATC) au Canada ne dispose pas de renseignements précis sur les reliefs peu importants, ce qui fait qu'un contrôleur ne peut fournir de renseignements sur le franchissement d'obstacles à un pilote. Toutefois, il existe des systèmes de bord modernes qui donnent ce type d'informations, notamment le système amélioré d'avertissement de proximité du sol (EGPWS) et le système de représentation et d'avertissement du relief (TAWS). Au moment de l'accident, le Canada n'exigeait pas que les aéronefs effectuant des opérations SEIFR soient équipés d'un dispositif à fonction d'évitement du relief.

Contrairement à la réglementation canadienne, la FAR 135.154 des *Federal Aviation Regulations* (FAR) des États-Unis n'autorise pas l'exploitation [Traduction] d'« un avion à moteur à turbine comprenant de six à neuf sièges passagers, à l'exclusion du siège du pilote, à moins que cet avion ne soit équipé d'un TAWS approuvé qui satisfait à tout le moins aux exigences d'un équipement de classe B dans la norme technique TSO-C151. »

1.11 *Performance de l'avion en vol plané*

Un graphique dans le manuel de pilotage du Cessna 208B montre qu'un avion équipé d'une soute en nacelle devrait être en mesure de planer sur environ 2 nm par 1000 pieds d'altitude perdue en configuration de plané. Dans le présent accident, l'avion se trouvait à 9000 pieds asl lorsque le moteur est tombé en panne. L'aéroport le plus proche était à Port Alberni, à environ 17 nm au nord-ouest, à une altitude de 247 pieds asl. Les calculs indiquent que, sur la foi du taux de vol plané publié, et compte tenu des conditions météorologiques au moment de l'accident, il aurait été théoriquement possible que l'avion se rende en vol plané à l'aéroport régional de Port Alberni et dispose de suffisamment d'altitude en descente pour survoler tous les obstacles du relief en route sur une trajectoire directe.

Ce scénario présuppose que la descente en plané soit immédiatement établie après la panne moteur, qu'on sache qu'il n'y a aucun obstacle sur la route et qu'on soit prêt à faire face à des conditions IMC.

1.12 *Sélection d'itinéraire et d'altitude*

Le vol ayant mené à l'accident se déroulait sur les voies aériennes inférieures publiées entre Tofino et Vancouver. Les voies aériennes inférieures ne sont pas conçues pour tenir compte de la proximité de divers aéroports en route. Aucune exigence spécifique n'est imposée aux exploitants autorisés à effectuer des vols SEIFR pour qu'ils évaluent ou modifient leurs itinéraires afin de réduire au minimum les risques encourus par les passagers en cas de panne moteur en vol.

1.13 *Conditions météorologiques*

La prévision régionale graphique (GFA) d'Environnement Canada indiquait que sur toute la zone du vol il y aurait des plafonds par endroits entre 800 pieds au-dessus du sol (agl) et 1500 pieds agl, accompagnés de couches de nuages fragmentés au-dessus, entre 2000 et 8000 pieds. La hauteur des plafonds pour l'aéroport régional de Port Alberni n'était pas signalée.

1.14 *Renseignements sur le pilote*

Au début des années 1990, Transports Canada a évalué les possibilités de réduire les risques associés aux opérations SEIFR proposées³. Une partie de l'évaluation reconnaissait la nécessité d'améliorer la formation des pilotes en préparation à des opérations SEIFR et concluait que les pilotes devaient recevoir une formation initiale et périodique sur les pannes moteur en IMC.

Le RAC exige une formation additionnelle des pilotes en préparation aux opérations SEIFR. Les exigences figurent au paragraphe 723.98 (24) des NSAC et comprennent une formation théorique et une formation en simulateur sur les pertes de puissance moteur ainsi que sur l'utilisation appropriée de la liste de vérifications.

Les pilotes de Cessna 208B travaillant pour Sonicblue Airways ont suivi une formation approuvée chez Flight Safety International, à Wichita (Kansas) aux États-Unis avec formation sur simulateur et sur les situations d'urgence. La formation standard sur simulateur de Flight Safety International ne comprend ni exposé au sol ni exercice aux procédures d'atterrissage forcé en région montagneuse dans des conditions de vol aux instruments. Flight Safety International peut élaborer et fournir une formation spécialisée pour répondre aux besoins de formation d'un client.

Le pilote de l'avion accidenté possédait les qualifications nécessaires au vol et en vertu de la réglementation en vigueur et il répondait aux exigences relatives au maintien des compétences, à la récence de l'expérience et à la formation prévues dans le RAC et dans le manuel d'exploitation de la compagnie. Il était titulaire d'une licence de pilote professionnel en état de validité, d'un certificat médical de catégorie 1, d'un contrôle de compétence pilote (CCP) valide et d'une qualification aux instruments de classe 1. Il totalisait 2480 heures de vol, dont environ 750 sur Cessna Caravan. La formation exigée au paragraphe 723.98 (24) des NSAC avait été terminée en février 2005 chez Flight Safety International, à Wichita (Kansas).

³ Déclaration de principes de Transports Canada (SGDDI n° 10197)

L'autopsie et les analyses toxicologiques effectuées après l'accident n'ont révélé aucune anomalie susceptible d'avoir influé sur le déroulement des événements ayant mené à l'accident. La charge de travail du pilote et son horaire de travail étaient normaux sur le plan des exigences en matière de période de service et de période de repos.

1.15 *Procédures d'atterrissage forcé*

Les procédures d'atterrissage forcé sont enseignées comme manœuvres de vol à vue pendant la formation pour la licence de pilote privé ou de pilote professionnel. Il n'y a aucune exigence additionnelle pour les pilotes d'exécuter une procédure d'atterrissage forcé en conditions de vol aux instruments. Dans le présent accident, les données radar et les données vocales indiquent que le pilote a fini par se retrouver à temps en conditions de vol à vue pour se préparer à un atterrissage d'urgence.

1.16 *Possibilité de survie*

Le Cessna 208B Caravan possède de nombreuses caractéristiques de protection contre les écrasements, dont des sièges pouvant résister à une force de 14 g dans toutes les positions, des harnais pour tous les occupants et une quille renforcée le long de la partie inférieure du fuselage. Cessna a aussi conçu le train d'atterrissage principal pour qu'il puisse encaisser le choc initial d'un atterrissage forcé. Dans le présent accident, les armatures des sièges se sont déformées sous l'effet de la décélération excessive, mais les harnais ont résisté.

Les deux robinets d'arrêt de carburant de l'avion sont situés dans chaque emplanture d'aile; l'un d'entre eux a été trouvé en position complètement ouverte, et l'autre, en position partiellement ouverte. La liste de vérifications en cas d'atterrissage forcé demande, entre autres, que le pilote ferme les robinets de carburant avant l'atterrissage. On ne sait pas si le pilote a exécuté cet élément de la liste de vérifications.

Lors de l'écrasement, les haubans des ailes ont été endommagés. Tout mouvement de l'aile vers l'arrière aurait également pu déplacer le câble de commande du robinet de carburant de la position à laquelle le robinet avait été placé. Quoiqu'il en soit, la conception de ces robinets de carburant est telle que les forces de décélération lors d'un écrasement ont tendance à les déplacer vers l'avant, soit vers la position ouverte. Lors de l'accident, du carburant s'est répandu dans la cabine, ce qui a causé des lésions chimiques à un passager et accru le risque d'incendie après l'écrasement.

2.0 *Analyse*

2.1 *Panne moteur*

Le moteur a perdu de la puissance lorsqu'une aube mobile de la turbine du compresseur s'est rompue en raison de la propagation par surcharge d'une crique de fatigue. Les dommages internes subséquents ont été immédiats et catastrophiques : la partie compresseur du moteur s'est grippée à cause des vibrations et des dommages causés aux roulements. Compte tenu de ces dommages internes, le pilote n'aurait pas été en mesure de redémarrer le moteur. Il n'y avait plus qu'une solution pour le pilote : tenter un atterrissage d'urgence sans moteur.

2.2 *Réaction du pilote à la panne moteur*

Il n'a pas été possible de déterminer pourquoi le pilote a viré à droite, en éloignement de Port Alberni, pendant qu'il déclarait une situation d'urgence. Cependant, au cours de cette manœuvre, le taux de virage a augmenté et l'avion est sorti du virage sur un cap direct vers l'aéroport régional de Port Alberni. Cela laisse supposer que le pilote a sélectionné le GPS de bord pour afficher les aéroports les plus proches, puis qu'il a serré le virage pour s'aligner sur l'aéroport régional de Port Alberni.

Le pilote a ensuite demandé des renseignements destinés à l'aider à éviter le relief, ce qui indique qu'il croyait à la présence d'un relief montagneux sur sa trajectoire directe vers l'aéroport régional de Port Alberni. Les contrôleurs de la circulation aérienne n'ont aucun moyen de fournir des indications de navigation de cet ordre. De plus, rien n'oblige un aéronef utilisé dans des opérations SEIFR à être équipé d'un TAWS. En conséquence, le pilote n'aurait eu aucun moyen de localiser ni d'identifier des obstacles s'il était passé en VMC.

Le virage en descente de 360° laisse croire que le pilote a aperçu une trouée dans les nuages et qu'il l'a empruntée pour rester en vol à vue. Cette manœuvre a permis au pilote d'éviter de voler dans les nuages sous les altitudes IFR de sécurité et à un endroit où il soupçonnait la présence d'un relief montagneux.

Une évaluation après l'accident a permis de déterminer que le relief ne présentait aucun risque entre l'avion et l'aéroport lorsque le moteur est tombé en panne. Le pilote ne le savait pas parce que le sol était masqué par les nuages. Si l'avion avait été équipé d'un TAWS en bon état de fonctionnement, ce système aurait informé le pilote que le relief ne présentait aucun risque entre le point où le moteur est tombé en panne et l'aérodrome prévu pour l'atterrissage d'urgence. Grâce à ce renseignement, il aurait pu poursuivre son plan initial de voler directement vers l'aéroport régional de Port Alberni plutôt que de descendre dans une région montagneuse afin de maintenir ses références visuelles avec le sol.

Les dernières communications radio de la part du pilote indiquent qu'il se trouvait en dehors des nuages en conditions de vol à vue et qu'il a eu le temps d'identifier une aire d'atterrissage potentielle. Il a envoyé un message Mayday et indiqué qu'il se préparait à un atterrissage

d'urgence sur un chemin d'exploitation forestière. Comme le pilote a exécuté cette procédure en vol à vue, il a probablement été en mesure de s'en remettre à son entraînement antérieur pour effectuer son atterrissage d'urgence.

2.3 *Calcul de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)*

Le RAC exige que les moteurs utilisés dans les opérations SEIFR commerciales présentent une faible MTBF. Toutefois, la MTBF d'un moteur n'est peut-être pas le meilleur indicateur de la marge de sécurité puisque son calcul ne tient pas compte des événements IFSD qui ne sont pas directement liés au moteur. Quelle qu'en soit la cause, toute défaillance d'un système se traduisant par une perte de puissance moteur menant à un atterrissage d'urgence représente un risque élevé. Par conséquent, il serait plus approprié de surveiller tous les événements IFSD qui surviennent lors d'opérations SEIFR, comme c'est le cas en vertu des règles applicables aux opérations ETOPS.

2.4 *Équipement*

Les opérations SEIFR présentent un risque accru d'impact avec le relief en région montagneuse où se trouvent généralement moins d'aérodromes, des caractéristiques physiques particulières et moins d'endroits se prêtant à des atterrissages forcés.

La base de données aéronautique du GPS de l'avion était périmée. L'existence et l'utilisation de renseignements périmés, surtout pendant une situation d'urgence, peuvent augmenter les risques pour la sécurité aérienne.

De nombreuses bases de données GPS homologuées pour l'aéronautique ne comprennent normalement pas les routes, les plans d'eau ou autres caractéristiques physiques qui pourraient être utiles dans l'identification d'un lieu d'atterrissage d'urgence au cas où un aérodrome de secours ne se trouverait pas à distance de plané. Bien qu'il existe des systèmes avertisseurs de proximité du sol, la réglementation canadienne n'exige pas la présence de ce type d'équipement dans les aéronefs utilisés pour les opérations SEIFR.

Lorsque la restriction du RAC interdisant les opérations SEIFR en régions montagneuses désignées a été levée sans exiger la nécessité de disposer d'un équipement TAWS, le niveau de sécurité des opérations SEIFR a été considérablement réduit. Rendre obligatoire l'emport d'un équipement TAWS pour les aéronefs effectuant des vols SEIFR augmenterait non seulement la marge de sécurité, mais permettrait également d'harmoniser la réglementation canadienne avec la législation des États-Unis.

2.5 *Routes et altitudes*

Les routes IFR publiées ne sont pas structurées de sorte que les aéroports existants demeurent à distance de plané normal d'un avion monomoteur. À moins que les exploitants de compagnies aériennes ne soient tenus d'évaluer et de structurer les routes qu'ils empruntent en SEIFR, la durée pendant laquelle ce type de vol est exposé à l'éventualité d'un atterrissage forcé en dehors d'un aérodrome demeurera élevée.

2.6 Formation

Bien que la norme actuelle qui figure au paragraphe 723.98 (24) des NSAC exige de la formation supplémentaire pour le pilote en préparation aux opérations SEIFR, il n'y a pas d'exigence particulière pour que la formation sur simulateur et la formation aux situations d'urgence comportent un exposé au sol ou un exercice de panne moteur et d'atterrissage forcé en IFR ou en régions montagneuses désignées.

Si le pilote avait été en mesure de planer jusqu'à l'aéroport régional de Port Alberni, il aurait dû faire un atterrissage forcé avec un plafond d'à peine 800 pieds asl. Ce type de procédure ne fait pas actuellement l'objet d'exercices en simulateur ni de formation en vol.

Une formation initiale et périodique dans un simulateur homologué portant sur les procédures en cas de panne moteur, ainsi que les procédures d'atterrissage forcé en IFR, préparerait mieux un pilote à réagir à une telle situation d'urgence.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP 010/2006 – *Compressor Turbine Blade Examination* (Examen des aubes mobiles de la turbine du compresseur).

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Le moteur a perdu de la puissance lorsqu'une aube mobile de la turbine du compresseur s'est rompue en raison de la propagation par surcharge d'une crique de fatigue. La fissure a pris naissance au niveau d'un défaut métallurgique dans le matériau d'origine de l'aube et s'est propagée, entraînant la rupture par surcharge de l'aube mobile.
2. La position de l'avion au moment de la panne moteur, l'absence d'équipement permettant de localiser et de reconnaître les reliefs montagneux, ainsi que la manœuvre pour éviter d'entrer en conditions de vol aux instruments ont probablement empêché le pilote de tenter de planer jusqu'à l'aérodrome le plus proche.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Les vols selon les règles de vol aux instruments applicables aux monomoteurs (SEIFR) en régions montagneuses désignées présentent des risques particuliers en cas de panne moteur à cause du relief. Les exigences canadiennes en matière d'équipement pour ces opérations ne comprennent pas à l'heure actuelle une cartographie indépendante du relief, comme celle offerte par un système de représentation et d'avertissement du relief (TAWS).
2. Les exploitants de compagnies aériennes ne sont pas tenus à l'heure actuelle d'effectuer une évaluation ou une structuration additionnelle des routes qu'ils empruntent afin de réduire au minimum les risques d'un atterrissage forcé lors des opérations SEIFR.
3. Les pilotes effectuant des opérations SEIFR commerciales ne reçoivent aucune formation sur la façon d'exécuter un atterrissage forcé en conditions de vol aux instruments; une telle formation améliorerait probablement la capacité des pilotes à réagir à une panne moteur quand ils volent en conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC).
4. Le calcul de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) du moteur ne prend pas en compte les arrêts moteur en vol (IFSD) qui ne sont pas directement liés au moteur; il serait plus approprié de surveiller tous les événements IFSD.
5. La conception des robinets d'arrêt de carburant du Cessna 208B Caravan augmente le risque que les robinets s'ouvrent à l'impact, ce qui pourrait permettre au carburant de se déverser et ainsi augmenter le risque d'incendie.

3.3 *Autre fait établi*

1. Sonicblue Airways ne fournissait pas à intervalle approprié les données téléchargées des paramètres moteur pour une évaluation de la surveillance de l'état et des tendances du moteur (ECTM).

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Exigence relative à l'équipement TAWS*

L'exigence visant l'installation et l'utilisation de systèmes de représentation et d'avertissement du relief (TAWS) a été encouragée par Transports Canada. L'installation d'un équipement TAWS et son utilisation vont améliorer la capacité des pilotes à reconnaître et à éviter les risques posés par le relief en cas de panne moteur en conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). Les renseignements relatifs aux exigences liées à l'équipement TAWS en train d'être approuvées pour le Canada se trouvent dans la Circulaire consultative de l'aviation commerciale et d'affaires numéro 0236 de Transports Canada, en date du 29 juillet 2005, laquelle est accessible sur le site Internet de Transports Canada.

4.1.2 *Exigence relative à une formation améliorée des pilotes*

Le 6 juin 2007, le BST a envoyé un avis de sécurité à Transports Canada lui suggérant d'inclure des exigences de formation additionnelles au paragraphe 723.98 (24) des Normes de service aérien commercial (NSAC) afin que les pilotes effectuant des vols selon les règles de vol aux instruments applicables aux monomoteurs (SEIFR) reçoivent une formation pratique sur les procédures de panne moteur en IMC. La formation porterait sur la réaction initiale du pilote à la panne, la descente en conditions de vol aux instruments, l'évitement des obstacles pendant la descente et des atterrissages forcés simulés dans diverses conditions de mauvais temps au sol.

Transports Canada a répondu à cet avis le 25 juillet 2007. Cette réponse a fait ressortir un certain nombre de difficultés dans l'établissement d'une norme spécifique qui devrait couvrir une multitude de circonstances auxquelles pourrait faire face un pilote en cas de panne moteur lors d'un vol monomoteur en conditions de vol aux instruments.

La position de Transports Canada est que les exploitants aériens devraient être proactifs en revoyant le programme de formation spécifique à leurs opérations SEIFR, afin que toute lacune dans la formation ou risque associé soit traité dans le manuel d'exploitation de la compagnie.

La Direction des normes de l'aviation civile de Transports Canada va préparer un document de fond en recommandant que les exploitants aériens reviennent leurs programmes de formation pour que les pilotes effectuant des vols SEIFR reçoivent une formation pratique sur les procédures de panne moteur en conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) qui soit propre à leurs opérations et leurs régions d'exploitation.

4.2 Mesures à prendre

4.2.1 Fiabilité du système de propulsion

L'autorisation des vols SEIFR est fondée, entre autres, sur la fiabilité améliorée offerte par les moteurs à turbine comparativement aux moteurs à piston. Un élément essentiel de l'approbation SEIFR réside dans le fait que la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) du moteur doit demeurer élevée. Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) exige que la MTBF du moteur soit inférieure à 0,01 pour 1000 heures, soit moins d'une panne pour 100 000 heures de vol.

D'autres opérations de vol approuvées au Canada, comme les opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongée (ETOPS), sont autorisées notamment en raison de la fiabilité accrue des moteurs à turbine modernes. Les opérations ETOPS sont régies par le document TP 6327 de Transports Canada intitulé *Critères de sécurité pour l'approbation des opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongée (ETOPS)*. L'annexe A de cette publication reconnaît que :

Aucun paramètre en soi, sans d'autres données ou renseignements, ne peut qualifier de façon adéquate la fiabilité. Il y a un certain nombre de variables, de statistiques de maintenance et d'exploitation ainsi que de renseignements généraux au sujet de l'expérience opérationnelle d'un groupe propulseur donné qui caractérisent la fiabilité d'un système de propulsion.

Pour assurer la fiabilité des systèmes de propulsion utilisés dans les opérations ETOPS, le document TP 6327 exige la consignation de tous les arrêts moteur au sol et de tous les arrêts moteur en vol (IFSD), quelle qu'en soit la raison (sauf dans le cas d'un exercice de formation normal), y compris les extinctions moteur. Il exige aussi une liste de tous les cas où la poussée atteinte a été inférieure à la poussée prévue, pour quelque raison que ce soit.

Bien que de nombreuses règles régissant les opérations ETOPS ne puissent s'appliquer directement aux vols monomoteurs, le concept sous-jacent utilisé pour surveiller la fiabilité des systèmes de propulsion pourrait être appliqué aux opérations SEIFR afin d'assurer un niveau de sécurité similaire pour les équipages et les passagers.

Bien que le type de moteur impliqué dans le présent accident soit conforme à la norme de fiabilité établie, il est important de noter que si l'on avait tenu compte du nombre total d'événements IFSD (c'est-à-dire des pertes de puissance, quelle qu'en soit la cause), le taux de défaillance de l'ensemble du système de propulsion n'aurait pas respecté la norme du RAC pour 7 des 10 dernières années.

Toute défaillance de système qui se traduit par une perte de puissance et un atterrissage d'urgence représente un risque élevé pour les passagers. Comme une panne moteur lors d'un vol SEIFR peut avoir des conséquences catastrophiques, l'évaluation de la fiabilité du système de propulsion devrait tenir compte de toutes les variables pertinentes et elle ne devrait pas se limiter seulement aux valeurs de la MTBF.

En conséquence, le Bureau recommande que :

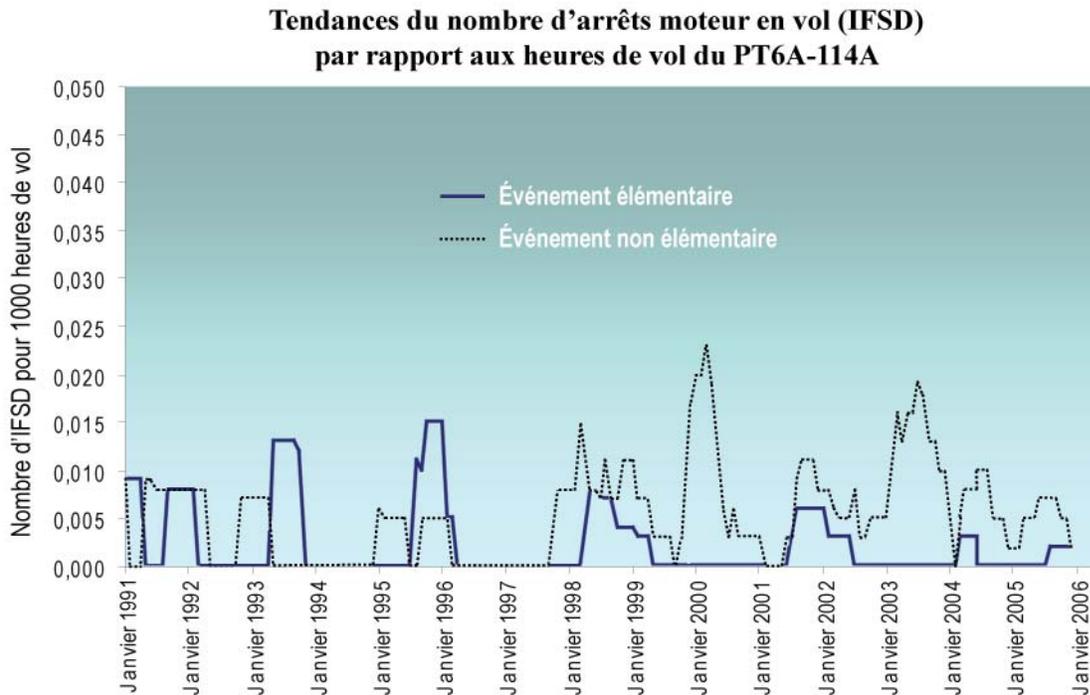
le ministère des Transports tienne compte de toutes les défaillances des systèmes de propulsion lorsqu'il évalue la sécurité des opérations commerciales des aéronefs monomoteurs.

A07-08

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 9 août 2007.

Visitez le site Web du BST (www.bst.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Données de Pratt & Whitney Canada sur les arrêts moteur en vol (IFSD) - moyenne mobile sur 6 mois



Un événement élémentaire est un IFSD causé par une défectuosité directement liée au moteur ou à un de ses composants (courbe en continu). Ces événements sont utilisés dans le calcul de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) du moteur et comprennent les événements non confirmés pour lesquels une enquête est toujours en cours afin de déterminer quelle pièce individuelle a causé l'événement.

Un événement non élémentaire est un IFSD causé par une défaillance d'un composant mais qui n'est pas directement liée au moteur (courbe en pointillé). Un tel événement n'est pas compris dans le calcul de la MTBF.

Annexe B – Sigles et abréviations

agl	au-dessus du sol
asl	au-dessus du niveau de la mer
ATC	contrôle de la circulation aérienne
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CASA	Civil Aviation Safety Authority (Australie)
CCP	contrôle de compétence pilote
ECTM	surveillance de l'état et des tendances des moteurs
EGPWS	système amélioré d'avertissement de proximité du sol
ETOPS	opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongée
FAA	Federal Aviation Administration (États-Unis)
FAR	<i>Federal Aviation Regulations</i>
g	facteur de charge
GFA	prévision régionale graphique
GPS	système de positionnement mondial
HNP	heure normale du Pacifique
IFR	règles de vol aux instruments
IFSD	<i>In Flight Shut Down</i> , arrêt moteur en vol
IMC	conditions météorologiques de vol aux instruments
MTBF	moyenne des temps de bon fonctionnement
Ng	régime du compresseur
nm	mille marin
NSAC	Normes de service aérien commercial
P&WC	Pratt & Whitney Canada
RAC	<i>Règlement de l'aviation canadien</i>
SEIFR	règles de vol aux instruments applicables aux monomoteurs
SGDDI	Système de gestion des dossiers, des documents et de l'information
SIL	lettre d'information en service
TAWS	système de représentation et d'avertissement du relief
TP 6327	<i>Critères de sécurité pour l'approbation des opérations de bimoteurs avec distance de vol prolongé (ETOPS)</i>
tr/min	tours par minute
VMC	conditions météorologiques de vol à vue
°	degré